

鱿鱼加工副产物的开发利用研究进展

陈惠云¹, 曾纪豪², 王翰韬², 李文慧², 吴金鸿²

¹宁波市农业科学研究院农产品加工研究所 宁波

²上海交通大学农业与生物学院 上海

【摘要】我国的鱿鱼捕捞行业规模庞大, 捕捞量位居世界前列, 同时, 鱿鱼加工业是国内水产品加工业的主要组成部分。随着鱿鱼加工量的快速增长, 大量鱿鱼加工产生的副产物的废弃对环境造成了严重负担和污染。结合生物技术与食品加工技术对鱿鱼加工副产物的开发利用以提高鱿鱼加工产品的生产附加值, 同时可以大大减少环境污染, 已经成为近年研究的热点。本文对已经报道的鱿鱼加工副产物(内脏、皮、墨囊、生殖腺、眼、软骨、头和鳍)的活性成分组成、功效和开发利用等方面的研究成果进行归纳总结, 并对鱿鱼加工副产品的开发利用前景进行了展望。以期为鱿鱼副产物的精深加工与高值化利用提供了理论参考, 为鱿鱼加工工业健康发展提供理论依据。

【关键词】鱿鱼; 副产物; 开发利用; 生物活性物质

【基金项目】2020 宁波市公益性计划重点项目(202002N3072); 2019 宁波市公益性计划重点项目(2019C10095)

Development and utilization of squid processing by-products

Huiyun Chen¹, Jihao Zeng², Hantao Wang², Wenhui Li², Jinhong Wu²

¹Institute of Agricultural Products Processing, Ningbo Academy of Agricultural Sciences, Ningbo, China

²School of Agriculture and Biology, Shanghai Jiaotong University, Shanghai

【Abstract】 Chinese squid fishing industry has a large scale, and its catch is among the top in the world. Meanwhile, squid processing industry is the main component of domestic aquatic products processing industry. With the development of economy and the change of social demand, the economic benefits brought by the simple processing of squid can not meet the development needs of the industry, and the burden and pollution of a large number of squid processing wastes on the environment are caused. The development and utilization of squid processing by-products to improve the added value of squid processing products has become a research hotspot in recent years. In this paper, the different parts of squid processing by-products (viscera, skin, ink sac, gonad, eye, cartilage, head and fin) were introduced. The common utilization ways, composition and efficacy of bioactive components were described respectively. The existing research progress and practical development and application of each bioactive component were listed, which provided theoretical reference for the deep processing and high-value utilization of squid by-products, as well as a theoretical basis for the healthy development of squid processing industry.

【Keywords】 Squid; by-product; development and utilization; bioactive component

鱿鱼 (*Dosidicus gigas*) 是软体动物头足纲的海洋经济动物, 也被称为柔鱼, 生命周期短, 繁殖力强, 资源恢复迅速等特性。鱿鱼个体大、胴体长、肉质鲜美细嫩, 风味独特, 同时富含高蛋白和多种必需氨基酸, 是一种低脂肪的健康水产品。统计数据显示, 我国鱿鱼捕捞量为 28.9 万吨, 约占全年海

洋捕捞量的 2.8%, 是我国重要的水产品加工组成部分^[1]。海洋鱿鱼资源丰富且尚未充分开发利用, 具有巨大的市场潜力和广阔的开发前景。

目前, 鱿鱼加工的品种主要为北太平洋鱿鱼、阿根廷鱿鱼和秘鲁鱿鱼, 加工方式仍然处于粗放型阶段, 主要包括生鲜和冰冻、冷冻、干烟熏制以及

作为饲料或饵料等^[2]。鱿鱼加工工业中会产生占总体重 20%-25%的加工副产品, 包括鱿鱼皮、内脏、墨囊等。鱿鱼所含水分较多, 自源酶活跃, 导致这些加工副产物不能长期储存, 并且会随脂肪氧化产生令人不悦的鱼腥味。由于缺少成熟的加工工艺导致副产物加工成本难度大, 加工方式通常较为粗放, 这些副产品会加工成鱼粉或进行销毁掩埋, 利用率较低^[3]。目前, 我国对鱿鱼加工副产物的处理相对较为粗放, 利用率远低于发达国家, 且利润率不高。与此同时, 鱿鱼加工副产物富含多种营养物质, 不仅有大量优质蛋白质、脂质, 还含有牛磺酸、维生素、软骨素等营养物质, 具有开发价值和市场前景。因此, 开展鱿鱼副产物加工的研究, 有利于调整鱿鱼加工业的结构调整, 提高鱿鱼利用率以及鱿鱼加工业产业利润率。在当前渔业产业结构调整的环境下, 对海洋经济动物的综合开发逐渐受到重视, 对鱿鱼副产物进行加工、开发和利用不仅可以减少浪费和污染, 还可以提高附加产值, 促进鱿鱼加工业的发展。

本文对近年鱿鱼加工产业的发展情况, 鱿鱼副产物的综合开发利用等研究进行了梳理和分析, 以期对鱿鱼副产物的精深加工、高值化利用和促进鱿鱼加工业经济效益提供一定的理论参考。

1 鱿鱼内脏的开发利用现状

鱿鱼内脏约占体重的 15%-20%, 营养丰富, 每 100g 含脂肪 21.15 g, 蛋白质 21.24 g, 钙 51.46 mg, 铁 609.07 μg 和磷 95.88 μg 。鱿鱼内脏油脂脂肪酸中含有 10.58% 的二十碳五烯酸 (EPA) 和 15.23% 的二十二碳六烯酸 DHA^[4]。鱿鱼内脏中含有 18 种氨基酸, 蛋白质组成中含有人类必须氨基酸种类有 7 种, 占总氨基酸量的 39.22%^[5]。

现阶段对鱿鱼内脏的利用主要通过对鱿鱼内脏蛋白质的氨基酸分析, 利用美拉德反应, 将鱿鱼内脏制作成调味品, 或制成水产饲料、诱食剂等, 也有将其开发为多肽, 多糖等生物活性物质。鱿鱼内脏蛋白占内脏湿重的 20%-25%, 可采用水酶法制备鱿溶浆, 进一步制作食物或者调味料, 也可以加工成微生物培养所需的蛋白胨^[6]。

董志俭等^[7]对鱿鱼内脏酶解液开展了美拉德反应研究。添加了一定比例的还原糖、氨基酸、硫胺素、牛磺酸, 得到风味良好的鱿鱼风味香精; 魏薇

薇等^[8]通过发酵, 将鱿鱼加工副产物加工成具有一定抑菌能力的营养制品。由于内脏自溶酶活跃, 司伟兰等^[9]利用这一特性, 通过正交实验确定料液比、温度、自溶 pH 及自溶时间, 并添加适量半胱氨酸和巯基乙醇, 将鱿鱼内脏制成天然调味品海味素; 在此基础上, 段杉等^[10]以鱿鱼内脏为原料, 研发了一种原料利用率高, 色泽风味好, 可溶性盐基氮、氨基态氮含量高, 挥发性盐基氮含量低的酿制鱿鱼酱油。鱿鱼内脏还可以经初级加工成鱿溶浆等作为水产养殖饲料^[11]。此外鱿鱼内脏消化液中含有能促进虾类摄饵的氨基酸^[12], Kondon 等^[13]通过使用鱿鱼内脏水解液为饲料添喂红鲷鱼, 并检测发现其促进了消化蛋白酶的基因表达水平, 得到鱿鱼内脏水解液能有效提高饲料利用率的结论。

近年来, EPA 和 DHA 的保健功效被普及。EPA 与 DHA 具有抗癌免疫、健脑明目、降血压、防止动脉粥样硬化的功效^[16-17], 富含 EPA 与 DHA 的鱿鱼鱼油在市场上具备充足的潜力^[18]。从 EPA 和 DHA 含量来看, 鱿鱼鱼肝中的鱼油质量处在一个非常高的水平。Moovendhan 等^[19]对鱿鱼加工副产物中的鱿鱼鱼肝进行提油, 并对其抗癌和抗细胞毒素能力进行了探究和证明; 杨小克等^[20]通过碱性蛋白酶酶解提取鱼油, 并经过精制, 得到各项指标都符合 SC/T3502-2000 标准的精制鱼油一级水平; 林煌华等^[21]优化了鱿鱼内脏鱼油精制工艺, 得到可应用于工业生产的详细工艺条件, 且饱和脂肪酸得率高, EPA 与 DHA 含量也处于较高水平。

此外, 生物活性短肽也是对鱿鱼内脏蛋白质开发利用的一个方向^[22]。李圣艳等^[23]通过酶解鱿鱼制备功能性短肽, Ryoung 等^[24]也通过内脏酶解液制备蛋白短肽, 两者都证明这些功能性蛋白短肽具有良好的抗氧化能力; 姚雨杉等^[25]进一步将鱿鱼内脏蛋白制成抗高血压肽 (ACE); 杨嘉梁等^[26]使用水提醇沉法提取鱿鱼内脏多糖并分析其理化性质; 解军等^[27]提取鱿鱼肝脏中的核酸, 可用于食品和医药工业; 杨广会等^[28]通过自溶结合水提法提取得到牛磺酸并优化工艺条件, 得到 1.41% 的牛磺酸提取率; 这些生物活性物质具有独特的生理功能, 具有潜在的开发利用价值。

从以上的研究可见, 鱿鱼内脏占鱿鱼胴体比重较高, 每年有大量鱿鱼内脏废弃。同时, 鱿鱼内脏

具有大量可开发利用的营养物质, 尤其是鱼油中的 EPA 与 DHA 含量处于较高水平。目前, 对鱿鱼内脏营养成分的可食化开发利用主要受制于海洋生态中重金属超标。随着对食品中重金属吸附去除的研究深入, 将绿色健康的重金属吸附方法应用于鱿鱼内脏的食用加工中, 可有效提高鱿鱼的加工利用率。

2 鱿鱼皮的开发利用研究现状

鱿鱼皮蛋白含量丰富, 有多种维生素、矿物元素和氨基酸, 除色氨酸外必须氨基酸占总氨基酸 30.97%; 同时含有丰富的脂肪酸, 其中 DHA 含量高达 35%, 具有较高的开发价值和利用前景^[29]。

鱿鱼皮胶原蛋白及鱿鱼皮酶解产物在食品工业中有着广泛的应用, 如增稠剂、乳化剂、澄清剂以及动物蛋白增补剂。在化妆品工业中, 胶原蛋白可以起到美容和保健的功效, 胶原蛋白多肽有利于促进皮肤新陈代谢, 可以保湿抗皱美白; 而水产动物的胶原蛋白在免疫调节, 降血压, 抗氧化、活化及促进皮肤合成胶原蛋白上有一定作用^[30]。杨克海等^[31]提取鱿鱼皮中的胶原蛋白, 并制成符合化妆品卫生规范的保湿霜; 徐志霞等^[32]从新鲜鱿鱼皮中提取得到酸性溶胶蛋白和酶溶性溶胶蛋白, 冷冻干燥后改性制备成止血海绵; 王鹏^[33]利用鱿鱼皮胶原与川芎多糖通过戊二醛化学交联的方式合成了新型的川芎多糖-胶原复合三维支架, 具有完整的多孔结果和良好的细胞相容性; Mendis 等^[34]研究了鱿鱼皮胶原在体外的抗氧化活性; 官爱艳^[35]等在鱿鱼皮明胶中添加壳聚糖改性, 制备了一种机械性能良好的复合膜, 为作为食品保鲜膜的应用提供依据。杨娜等^[36]研究鱿鱼皮酶解产物对血管紧张素酶的抑制作用和其钙螯合物的抑菌作用。夏克东等^[37]研究了鱿鱼皮胶原蛋白肽, 介绍了鱿鱼皮胶原蛋白肽的抗氧化活性、ACE 抑制活性、抑制肿瘤细胞活性以及抗衰老等作用。

综上所述, 鱿鱼皮在每年的鱿鱼加工副产物中也有相当可观的产量, 不仅富含营养, 且相对鱿鱼内脏而言更加清洁。目前, 对鱿鱼皮胶原蛋白的提取和应用是主要发展方向, 同时, 利用鱿鱼皮产量大的优势发展新型胶原材料的领域也存在一定开发潜力。

3 鱿鱼墨的开发利用研究现状

鱿鱼墨汁作为近年来高附加值产品, 属于鱿鱼

副产物研究的热点。墨囊约占鱿鱼体重的 1.3%^[38], 黑色素根据其生成所需的前体可分为 3 类^[39], 第一类是由酪氨酸氧化而成的两种吲哚结构分子, 5, 6-二羟基吲哚 (DHI) 和 5, 6-二羟基吲哚酸 (DHICA) 为前体合成的呈深黑色的真黑色素; 第二类是以半胱氨酸多巴 (Cys-Dopa) 为前体的, 呈棕黑色或者红色的棕黑色素; 第三类是以多巴胺 (含吲哚和苯丙噻嗪结构) 为前体的神经元黑色素。鱿鱼墨的主要成分为真黑色素, 其主要结构为吲哚醌的多聚体, 化学性质稳定^[40], 在紫外 220nm 处有特征吸收, 在 1617.35cm⁻¹, 3385.54cm⁻¹ 处有红外光谱的吲哚环结构特征吸收峰^[41]。此外, 鱿鱼黑色素主要与一些蛋白组分和金属离子如钙镁钠钾等微量元素组合, 少量游离存在^[42]。

黑色素是目前已知唯一一种能够保护生物体免受辐射伤害的天然物质, 可以吸收由紫外和可见光引起的辐射。在对鱿鱼墨中的黑色素功能性质的研究上发现其具有抗贫血、清除自由基、调节免疫、抗凝血、防紫外线辐射、螯合重金属离子等多种性能, 在日常用品, 医疗用品, 化工等众多领域都得到了广泛的应用。

陈士国等^[43]研究了鱿鱼墨黑色素对铁离子的络合作用及其机理, 为开发功能型补铁食品提供理论依据; 甄天元等^[44]研究了鱿鱼墨黑色素对亚急性衰老模型小鼠抗氧化功能的影响, 并得鱿鱼墨黑色素能促进皮肤细胞的生长以及有效防止免疫器官萎缩的结论。刘亮等^[45]实验证明鱿鱼墨黑色素提取物 (SIME) 进行体外培养的肿瘤细胞具有较强的活性抑制效果; 雷敏等^[46]对免疫低下模型小鼠实验表明鱿鱼墨黑色素对特异性和非特异性免疫都有显著调节作用, 主要表现在脾及胸腺指数、血清溶血素水平 (HC₅₀) 的提升以及小鼠延迟性变态反应及脾淋巴增殖能力的提高, 并显著促进了小鼠 NK 细胞活性和巨噬细胞吞噬能力。XinGuo^[47]等论证了鱿鱼墨黑色素的抗氧化活性优于肌肽。鱿鱼墨黑色素中含有生物活性化合物成分可以作为海产品天然抗菌剂, 在 R C Sari 等^[48]和 Lisha 等^[49]的实验中得到验证。这些实验为鱿鱼墨高值化提供了有力证明和理论参考。

海洋生物中头足类墨汁有多种活性, 其中多糖是主要活性成分。鱿鱼墨多糖具有抗氧化、抗菌、

防腐保鲜、抑制肿瘤细胞生长等作用^[50]。Chen 等^[51]的研究表明鱿鱼墨多糖可有效保护成纤维细胞, 减少其受 NADPH 和连接蛋白 43 介导的氧化损伤, 并降低了 ROS 诱导的皮肤损伤。乐小炎等^[52-53]的实验证明了墨多糖 (SIP) 对环磷酰胺 (CP) 化疗对睾丸损伤的保护效果显著, Gu 等^[54]的研究表明 SIP 可能是通过抑制 p38 和 Akt 蛋白的磷酸化, 以这 2 个信号通路参与对睾丸 CP 损伤的保护作用; 左涛等^[55]通过研究鱿鱼墨多糖对小鼠肠粘膜免疫的影响, 推测鱿鱼墨多糖可能通过提高小鼠肠粘膜的分泌型免疫球蛋白 (SIgA) 分泌, 促进上皮细胞分泌多聚免疫球蛋白受体 (pIgR) 来提高小鼠的机体免疫功能。曹露等^[56]在对 CP 诱导免疫低下小鼠的研究中发现鱿鱼墨多糖可以提高超氧化物歧化酶 (SOD) 活性, 降低丙二醛 (MDA) 含量, 其保护作用可能与提高小鼠肠道黏膜的抗氧化能力有关。此外, 江津津等^[57]利用墨囊墨提取并纯化得到多酚氧化酶 (PPO), 并以此加工红茶饮料; Na^[58]等研发了一种鱿鱼墨多糖-壳聚糖海绵 (SIP-CS) 的新型伤口愈合剂, 具有止血时间短, 出血量小的优点。此外, 鱿鱼墨的多肽成分、矿物质成分、氨基酸、脂肪酸也起着不可或缺的作用^[59-60]。

由此可见, 鱿鱼墨作为提取较为简易的生物黑色素, 其功能活性正逐渐被人们认知并接受, 关于鱿鱼墨活性成分的纯化和提取也逐渐成为鱿鱼加工副产物高值化利用的热门话题。虽然鱿鱼墨成分中的生物活性较高, 活性功能多样, 但是目前鱿鱼墨的开发利用尚处于较为理论的初级阶段, 在鱿鱼加工业中, 鱿鱼墨囊容易破碎较难保存也是生产实践应用中的掣肘点。因此, 鱿鱼墨需要更多的理论与开发研究, 以支持鱿鱼墨产品的高值化应用。

4 鱿鱼生殖腺的开发利用研究现状

鱿鱼生殖腺主要包括雄性的精巢、雌性的缠卵腺和卵巢。鱿鱼生殖腺磷脂含量较高, 具有广阔的磷脂利用前景^[61]。

4.1 鱿鱼卵

鱿鱼卵富含卵磷脂, 含量大于 6%^[62], 同时营养价值丰富, 具有高蛋白低脂肪的特点, 具有很高的开发利用价值^[63]。鱿鱼卵磷脂在改善小鼠学习能力, 提高身体素质的实验中取得了良好的效果。崔洁等^[64]发现鱿鱼卵 DHA 磷脂对高脂饮食诱导小鼠代谢

综合征有改善作用; 周苗苗等^[65]研究发现鱿鱼卵磷脂对东莨菪碱造成的痴呆小鼠的学习记忆功能下降有所减轻。王倩等^[66-67]从鱿鱼缠卵腺中提取糖蛋白, 发现其具有抗疲劳、抗氧化、提高免疫力等作用。

4.2 鱿鱼精

鱼精蛋白具有抗菌防腐的功能, 在食品保鲜方面有安全无毒副作用的优点^[68]。除了在食品保鲜上的应用, 鱼精蛋白中的鱼精蛋白硫酸盐在临床上是一种很好的抗凝血剂的解毒剂, 它能抵消肝素或抗凝血剂的抗凝作用^[69]。胡晓璐等^[70]优化了鱿鱼精蛋白的提取工艺, 得到一种较好的提取途径。鱿鱼鱼精集蛋白、核酸和微量元素为一体, 多种活性成分的协同作用具有相当的使用优势, 研究鱿鱼鱼精蛋白, 可为鱿鱼精巢开发利用提供新途径^[71]。

5 其他

5.1 鱿鱼眼

鱿鱼眼中含有大量的透明质酸, 透明质酸是一种结构相对特别的黏性多糖, 它的结构主要是由 1 个 N-乙酰葡萄糖胺分子和 2 个 D-葡萄糖醛酸分子构成其透明质分子可以携带超过 500 倍的水分, 被人们称为保湿效果最好的物质^[72]。由于透明质酸可塑性好、弹性好且渗透性高, 现已在医学行业、化妆品行业得到广泛应用。透明质酸来源有限, 而鱿鱼眼含有较多的玻璃体, 其开发前景很大, 是透明质酸的优良来源, 而且对实现鱿鱼的高效开发利用具有重要意义^[73]。

5.2 鱿鱼软骨

鱿鱼软骨(喉骨)约占鱿鱼体重的 1% 左右, 主要成分是酸性粘多糖和胶原蛋白。随着陆生动物的生存环境恶化导致病毒等致病微生物诱发的传染病流行, 陆生动物来源的软骨素的应用受到限制。鱿鱼软骨具有制备过程简单、成本低的优势, 是一种比较理想的软骨素新资源^[74]。

硫酸软骨素主要成分是硫酸软骨素 C 糖蛋白, 是一种较好的粘多糖, 广泛应用于医药、化妆品、食品等领域。叶琳弘^[75]提取纯化鱿鱼软骨中的硫酸软骨素, 发现其具有降血脂活性。此外, β -壳聚糖也是软骨的主要提取物, 董德刚等^[76]发现鱿鱼软骨 β -壳聚糖对动脉粥样硬化大鼠炎症和应激反应有一定抑制作用。

5.3 鱿鱼的头和鳍

鱿鱼的头和鳍用蛋白酶水解后经精制, 可生产出鱿鱼蛋白粉, 由于其含较高的牛磺酸、维生素、锌等成分, 可将其作为强化食品的原料^[77]; 黄艳青等^[78]研究了鱿鱼头酶解产物的提取及其抗氧化活性, 发现抗氧化活性良好, 为鱿鱼头鳍的开发利用提供新的思路。

6 鱿鱼加工副产品的开发利用前景展望

我国作为鱿鱼捕捞加工大国, 每年产生的鱿鱼加工副产物数量庞大。除鱿鱼肉外, 其余鱿鱼加工副产物种类众多, 且富含多种不同活性成分, 其中, 鱿鱼墨囊中的天然黑色素属于头足类的特有物质, 具有良好的抗氧化性和生物保护活性, 而我国鱿鱼加工业目前对鱿鱼资源利用停留在肉类加工阶段, 虽然理论研究已有涉及, 但鱿鱼相关的精深加工产品较少, 鱿鱼整体的利用率和经济附加值较低, 高端产品领域存在空白。因此, 对鱿鱼及其加工副产物进行高附加值的研究成为水产品加工行业的新兴热点, 使得鱿鱼加工产业链存在相当的开发潜力。本文通过详细介绍鱿鱼加工副产物不同部位不同功能成分, 总结了目前已有的开发利用研究成果, 为鱿鱼产业根据资源特性开发终端产品提供了一定理论依据。

参考文献

- [1] 农业部渔业渔政管理局. 2020 国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2020
- [2] 杨宪时, 王丽丽, 李学英, 黄洪亮, 迟海. 秘鲁鱿鱼和日本海鱿鱼营养成分分析与评价[J]. 现代食品科技, 2013, 29(09): 2247-2251+2293
- [3] 魏薇薇, 闻正顺, 姚利阳. 鱿鱼加工副产物的开发利用研究进展[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(36): 129-131+135
- [4] 吴莉敏. 鱿鱼内脏的营养及其开发利用[J]. 农产品加工(学刊), 2007(08): 94-96
- [5] 于笛, 傅志宇, 郑杰, 陈冲, 王军, 王庆志, 宋志远, 王志松. 秘鲁鱿鱼不同组织营养成分分析与评价[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(05): 164-171
- [6] 王华军. 鱿鱼内脏团的高值化产品研发及其性能表征[D]. 福州大学, 2018
- [7] 董志俭, 李冬梅, 牛思思, 刘佳玲, 钟克利, 励建荣. 鱿鱼内脏蛋白酶解液制备鱿鱼味香精[J]. 中国食品学报, 2014, 14(12): 57-64
- [8] 魏薇薇. 鱿鱼加工副产物的生物转化营养制品研究[D]. 浙江海洋大学, 2017
- [9] 司伟兰, 辛绮婷, 余颖儿, 李磊, 冯滢滢, 段杉. 鱿鱼内脏成分分析及自溶条件的研究[J]. 农产品加工(学刊), 2010(08): 11-14
- [10] 段杉, 司伟兰, 何宝欣. 以鱿鱼内脏为原料酿制鱿鱼酱油的工艺研究[J]. 农产品加工(学刊), 2012(05): 52-55
- [11] Lian P Z, Lee C M, Park E . Characterization of squid-processing byproduct hydrolysate and its potential as aquaculture feed ingredient[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53(14): 5587
- [12] 王彩理, 滕瑜, 乔向英, 朱伯清. 鱿鱼内脏液化蛋白对南美白对虾的诱食性试验[J]. 水产养殖, 2003(05): 40-41
- [13] Kondo F, Ohta T, Iwai T , et al. Effect of the squid viscera hydrolysate on growth performance and digestion in the red sea bream Pagrus major[J]. Fish Physiology and Biochemistry, 2017, 43(3): 1-13
- [14] 陈一铭. 鱿鱼肝脏中重金属脱除技术的研究[D]. 大连海洋大学, 2016
- [15] 姜玉花. 水产品酶解液中重金属脱除技术研究进展[J]. 化工管理, 2021(07): 62-63
- [16] 牛鹏军. 鱿鱼内脏的综合利用[D]. 烟台大学, 2014
- [17] 王雪青, 苗惠, 胡萍. 膳食中多不饱和脂肪酸营养与生理功能的研究进展[J]. 食品科学, 2004(11): 337-339
- [18] 魏华茂, 杨欣星, 楼乔明, 杨文鸽, 张进杰, 徐大伦. 鱿鱼肝脏油脂精炼及其脂肪酸组成分析[J]. 中国油脂, 2016, 41(03): 8-11
- [19] Moovendhan M, Seedeve P, Vairamani S, et al. Exploring the Chemical Composition and Anticancer Potential of Oil from Squid (*Loligo duvauceli*) Liver Waste from Fish Processing Industry[J]. Waste & Biomass Valorization, 2018
- [20] 杨小克. 鱿鱼内脏的鱼油提取工艺及综合利用研究[D]. 中国海洋大学, 2012
- [21] 林煌华, 谢友坪, 马瑞娟, 石新国, 刘乐冕, 陈剑锋. 鱿鱼内脏粗提油的精制工艺优化及其理化指标分析[J]. 食品工业科

- 技,2020,41(06):172-179
- [22] 鲁文玉,于文静,孙德群.海洋生物活性肽在药物研发中的应用进展[J].有机化学,2017,37(07):1681-1700
- [23] 李圣艳. 酶解鱿鱼内脏制备功能性短肽的研究[D].上海海洋大学,2015
- [24] Ryoung-Hee Kim, A.K.M. Asaduzzaman, Chi-Hong You, et al. Stability of Antioxidant Properties and Essential Amino Acids in Squid Viscera Hydrolysate Produced using Subcritical Water[J]. Fisheries & Aquatic Science, 2013, 16(2):71-78
- [25] 姚雨杉. 鱿鱼加工副产物酶解、发酵工艺的优化和抗高血压肽的制备[D].华南理工大学,2020
- [26] 杨嘉梁,陈小娥,方旭波,励建荣,马永钧,劳敏军.鱿鱼内脏多糖的分离纯化、理化性质及抗氧化活性研究[J].中国食品学报,2019,19(04):116-124
- [27] 解军,牛勃,王惠珍,张俊芳,刘晓玲,杨琦,张悦红.鱿鱼肝脏中大分子核酸的组成及分离纯化条件研究[J].中国药物与临床,2002(01):7-9
- [28] 杨广会,周燕霞,徐晓莉,王金凤,段晓梅,张崇禧.鱿鱼中牛磺酸的提取工艺研究[J].食品工业科技,2010,31(06):215-217
- [29] 管雪娇,邓尚贵.鱿鱼皮营养成分分析[J].安徽农业科学,2013,41(27):11135-11137
- [30] 王昱琳.胶原蛋白在化妆品中的应用研究进展[J].明胶科学与技术,2012,32(01):8-12
- [31] 刘克海,秦玉青,徐海波,刘承初.鱿鱼皮胶原蛋白的提取及在化妆品中的应用[J].水产科学,2008(08):411-413
- [32] 徐志霞,赵昕,邹峥嵘,易杨华.鱿鱼皮胶原蛋白医用止血材料的研究[J].中国海洋药物,2014,33(05):64-70
- [33] 王鹏. 鱿鱼皮胶原/川芎多糖复合生物材料研究[D].兰州理工大学,2012
- [34] Mendis E, Rajapakse N, Byun H G, et al. Investigation of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) skin gelatin peptides for their in vitro antioxidant effects. [J]. Life Sciences, 2005, 77(17):2166-2178
- [35] 官爱艳,杨文鸽,谢果凰,刘俊豪,胡红艳.秘鲁鱿鱼皮明胶-壳聚糖复合膜的性能与结构表征[J].核农学报,2017,31(07):1349-1354
- [36] 杨娜,王鸿飞,林燕,董迪迪,李和生,邵兴锋,许凤.鱿鱼皮酶解产物抑菌及对血管紧张素酶的抑制作用[J].中国食品学报,2015,15(01):92-98
- [37] 夏克东,刘振锋,田少君,马燕.鱿鱼皮胶原蛋白肽生理功能的研究进展[J].食品研究与开发,2015,36(17):163-168
- [38] 陈意.鱿鱼的营养及食用价值[J].食品与药品,2006,(06):75-76
- [39] Liu Y, Simon J. Isolation and biophysical studies of natural eumelanins: applications of imaging technologies and ultrafast spectroscopy[J]. Pigment Cell Research, 2003, 16(6): 606-618
- [40] 李兴旺,王慥,蒋霞云.从鱿鱼墨中精制黑色素[J].上海水产大学学报,2001(03):252-256
- [41] 宋茹,李厚宝,邓尚贵.鱿鱼墨黑色素酶解法提取工艺优化及其紫外、红外光谱特征分析[J].食品科学,2011,32(18):63-67
- [42] 陈士国,薛长湖,薛勇,李兆杰,高昕,马琴.鱿鱼墨黑色素的自由基清除活性研究[J].中国海洋药物,2007(01):24-27
- [43] 陈士国,薛勇,薛长湖,李兆杰,尹利昂,马琴.鱿鱼墨黑色素络合铁离子的活性研究[J].离子交换与吸附,2010,26(04):310-316
- [44] 甄天元,赵梦醒,雷敏.鱿鱼墨黑色素对亚急性衰老模型小鼠抗氧化功能的影响[J].中国食品学报,2012,12(05):61-65
- [45] 刘亮,曹少谦,刘合生,戚向阳.鱿鱼墨黑色素提取物对肿瘤细胞的抑制作用[J].核农学报,2017,31(10):1972-1978
- [46] 雷敏,赵梦醒,刘淇.鱿鱼墨黑色素的免疫调节作用[J].食品工业科技,2012,33(06):397-400.
- [47] Guo X, Chen S G, Hu Y Q, et al. Preparation of water-soluble melanin from squid ink using ultrasound-assisted degradation and its anti-oxidant activity[J]. Journal of Food Science and Technology, 2014, 51(12):3680-3690
- [48] R C Sari, I Wijayanti, T W Agustini. The Effectiveness of Melanin from Squid Ink (*Loligo sp.*) as Antibacterial Agent Against *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes* [J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019, 246, 012022

- [49] Shi,Liu,Zhong,et al. Fresh-Keeping Effects of Melanin-From Squid Ink on Yellowfin Sea Bream (*Sparus latus*) During Cold Storage [J]. *Journal of Aquatic Food Product Technology*,2015,24 (3): 199-212
- [50] 陈文烜,胡俊,赵丹丹. 鱿鱼墨功能活性研究进展[J].*农业与技术*,2020,40(24):52-55.
- [51] Chen Y, Liu H Z, Huang H, et al. Squid Ink Polysaccharides Protect Human Fibroblast Against Oxidative Stress by Regulating NADPH Oxidase and Connexin43 [J]. *Frontiers in pharmacology*, 2019, 10: 1574-1574
- [52] 乐小炎,原林,林少杰,陶叶杏,谷毅鹏,刘华忠. 乌贼墨多糖的制备及对睾丸化疗性损伤的保护作用[J].*食品工业科技*, 2013,34(17):342-344+348
- [53] Luo P, Liu H Z, Le X Y, et al. Squid ink polysaccharide prevents chemotherapy induced injury in the testes of reproducing mice[J]. *Pakistan journal of pharmaceutical sciences*, 2018, 31(1):25-29
- [54] Gu Y P, Yang X M, Duan ZH H, et al. Inhibition of chemotherapy-induced apoptosis of testicular cells by squid ink polysaccharide [J]. *Experimental and therapeutic medicine*,2017,14 (6): 5889-5895
- [55] 左涛,李学敏,曹露,王静凤,王玉明,李兆杰,薛长湖,唐庆娟. 鱿鱼墨多糖改善小鼠肠粘膜免疫及作用机制的研究[J].*中国药理学通报*,2013,29(08):1168-1173
- [56] 曹露,左涛,李学敏,于卿,曹斌斌,王静凤,王玉明,薛长湖,唐庆娟. 鱿鱼墨多糖对环磷酰胺诱导的小鼠肠道黏膜损伤的保护作用及初步机制研究[J].*中国药理学通报*,2013,29(11):1558-1562
- [57] 江津津,姚晓静,欧爱芬,刘慧娟,陈烽华. 墨囊多酚氧化酶在红茶加工中的应用研究[J].*广州城市职业学院学报*,2020,14(01):71-76
- [58] Na Huanga, Jiali Lina, Sidong Lia, et al. Preparation and evaluation of squid ink polysaccharide chitosan as a wound healing agent [J]. *Materials Science and Engineering: C*, 2018, 82 (1): 354-362
- [59] 杨贤庆,杨丽芝,黄卉,李来好,邓建朝,吴燕燕,戚勃. 海洋头足类墨汁中活性成分的研究进展[J].*食品工业科技*,2015,36(21):390-393+400
- [60] 谢静雯,杨锡洪,车红霞,张景禹,郁东兴,解万翠. 海洋头足类墨黑色素的提取及生物活性研究进展[J].*食品与机械*,2020,36(04):231-236
- [61] 刘倩茹,柏圣达,赵国雨,徐云峰,杨最素. 鱿鱼内脏活性物质的制备与功能研究进展[J].*安徽农业科学*,2017,45(33):90-92
- [62] 赵建滨,杨官娥,杨琦,牛勃. 鱿鱼卵中卵磷脂的提取[J].*山西医科大学学报*,2000(06):504-505
- [63] 汪彩进,吴鹏,徐长安,张怡,唐旭. 雌性阿根廷鱿鱼生殖腺营养成分分析及评价[J].*现代食品科技*,2019,35(11):231-236+65
- [64] 崔洁,刘小芳,董喆,薛勇,薛长湖,王玉明. DHA-磷脂对肥胖小鼠脂质代谢的影响[J].*中国油脂*,2014,39(01):27-31
- [65] 周苗苗,孙树红,宋姗姗,徐杰,王玉明,薛长湖,李兆杰. 鱿鱼卵磷脂对东莨菪碱痴呆小鼠学习记忆功能的影响[J].*现代食品科技*,2015,31(09):20-25
- [66] 王倩,刘淑集,苏永昌,王茵,吴成业. 鱿鱼 MUCIN 型糖蛋白抗疲劳作用试验研究[J].*福建农业学报*,2014,29(02):113-116
- [67] 刘淑集,王倩,王茵,刘智禹,苏永昌,吴成业. 鱿鱼缠卵腺糖蛋白 MGS 降血脂及非特异性免疫功能研究[J].*福建水产*,2014,36(06):436-441
- [68] 李燕,汪之和,王麟,宋倩禹. 鱿鱼鱼精蛋白的抑菌作用及在保鲜中的应用[J].*食品科学*,2004(10):80-84
- [69] 王海明,任玉翠,周彦刚,吴丽影. 鱿鱼精核蛋白提取物的保健功能研究[J].*东海海洋*,2001(03):52-55
- [70] 胡晓璐,刘淑集,吴成业. 鱿鱼鱼精蛋白的提取工艺优化研究[J].*福建水产*,2013,35(06):434-440
- [71] 吴少杰,张俊杰,姚兴存,贺松,王康. 我国鱿鱼的综合加工利用现状与展望[J].*食品研究与开发*,2011,32(01):154-156
- [72] VIGETTI D, KAROUSOU E, VIOLA M, et al. Hyaluronan: Biosynthesis and signaling[J]. *BBA-General Subjects*, 2014, 1840 (8) :2452-2459
- [73] 曲映红,陈新军,陈舜胜. 我国鱿鱼加工利用技术研究进展[J].*上海海洋大学学报*,2019,28(03):357-364
- [74] 方旭波,陈小娥,余辉,宋茹. 鱿鱼硫酸软骨素糖蛋白的分离纯化和鉴定[J].*中国食品学报*,2009,9(04):103-109

- [75] 叶琳弘. 鱿鱼软骨中硫酸软骨素的提取、纯化及降血脂活性的研究[D].福建农林大学,2015
- [76] 董德刚,宋梅,裘梁,王河宝,饶玉泉.鱿鱼软骨 β -壳寡糖对动脉粥样硬化大鼠炎症反应及氧化应激的影响[J].江西中医药,2017,48(10):38-40
- [77] 马永均, 秦乾安, 陈小娥,等. 鱿鱼加工副产物综合利用研究进展[J]. 渔业现代化, 2008, 35(4):62-65
- [78] 黄艳青,赵建明,龚洋洋,房文红,黄洪亮,高露姣.鱿鱼头蛋白酶水解物的抗氧化活性[J].食品与发酵工业,2014,40(02):121-126

收稿日期: 2022 年 9 月 13 日

出刊日期: 2022 年 10 月 28 日

引用本文: 陈惠云, 曾纪豪, 王翰韬, 李文慧, 吴金鸿, 鱿鱼加工副产物的开发利用研究进展[J], 农业与食品科学, 2022, 2(4): 23-30.

DOI: 10.12208/j.jafs.20220053

检索信息: RCCSE 权威核心学术期刊数据库、中国知网 (CNKI Scholar)、万方数据 (WANFANG DATA)、Google Scholar 等数据库收录期刊

版权声明: ©2022 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS